



Sami Savolainen

## **MATALAENERGIATALOJEN ENERGIAKULUTUKSEN SEURANTA JA AURINKOENERGIAN VAIKUTUS**

# **MATALAENERGIATALOJEN ENERGIANKULUTUKSEN SEURANTA JA AURINKOENERGIAN VAIKUTUS**

Sami Savolainen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Koulutusohjelma, suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Sami Savolainen

Opinnäytetyön nimi: Matalaenergiatalojen energiakulutuksen seuranta ja aurinkoenergian vaikutus

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012 Sivumäärä: 29 + 2 liitettä

---

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kahden Tarveasunnot Oy:n kerrostalon energiankulutusta jatkona Erkki Kylmäsen tekemälle opinnäytetyölle. Lisäksi seurataan myös talojen aurinkolämmön kulutusta ja sen vaikutusta energiatehokkuuteen. Mukaan on otettu lisäksi kolme rivitaloa, jotka on varustettu samanlaisella auringonkeruujärjestelmällä.

Aurinkojärjestelmän tehokkuutta laskettiin IDA ESBO -ohjelmalla, jolla on simuloitu vuosittainen energiansaanti keräimen ollessa eri asennoissa. Laskelmilla on osoitettu, että tuotto paranee keräimen ollessa jyrkemmässä kulmassa.

Mittausjakso kesti kymmenen kuukautta ja se alkoi kesäkuussa 2011 ja päättyi maaliskuussa 2012. Aurinkokeräimet toimivat kesällä kiitettävästi, mutta lopettivat kokonaan toimintansa lokakuuhun mennessä molemmissa kohteissa. Energian kerääminen alkoi uudestaan maaliskuussa. Mittausjakson aikana kerrostalojen aurinkokeräimistä saatiin talteen noin 5 400 kWh aurinkoenergiaa ja rivitaloissa noin 2 900 kWh. Kerääjänäneliölle aurinkoenergiaa kertyi kerrostaloissa noin 129 kWh/m<sup>2</sup>/10kk ja rivitaloissa 138 kWh/m<sup>2</sup>/10kk.

Kohteelle mitatut energiankulutusarvot on myös normeerattu vertailun helpottamiseksi. Lopputuloksena selvisi, että matalaenergiatalo kuluttaa noin 14 % vähemmän energiaa kuin normien mukaan rakennettu talo. Matalaenergiatalo on siis energiatehokkaampi.

---

Asiasanat: aurinkoenergia, matalaenergiatalo, energiankulutus

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 AURINKOENERGIAN KÄYTTÖ	6
2.1 Nestekiertoinen tasokeräin	6
2.2 Tyhjiöputkikeräin	8
2.3 Varaaja	9
3 TUTKITTAVAT RAKENNUKSET	10
3.1 Yleistä	10
3.2 Lämmitys	11
3.3 Automaatio	11
4 AURINKOJÄRJESTELMÄN ARVOJEN ANALYSOINTI	14
4.1 Arvojen keräys	14
4.2 Tulosten tarkastelu	14
4.2.1 Vaikutus lämmitykseen	16
4.2.2 Vaikutus yleiseen energiakulutukseen	16
5 IDA ESBO	17
6 TOTEUTUNUT ENERGIAKULUTUS	19
6.1 Energiankulutuksen normittaminen	19
6.2 Lämmitystarveluku	19
6.3 Energiankulutuksen seuranta	20
6.4 Toteutunut energiankulutus kuukausittain	22
6.5 Normitettu energiankulutus kuukausittain	24
7 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	
Liite 1 Lämpimän ja kylmänveden kulutus kuukausittain	
Liite 2 Aurinkoenergiankulutustietoja	

# 1 JOHDANTO

Työn tehtävänä on selvittää, kuinka hyvin aurinkoenergian käyttö kannattaa Suomen oloissa muissa kuin omakotitalorakennuksissa. Tämä on selvitetty keräämällä aurinkolämmitys ja -energiatietoja kahdesta Oulussa sijaitsevasta Tarveasunnot Oy:n rakennuttamasta kohteesta, jotka sisältävät yhteensä kaksi kerrostaloa ja kolme rivitaloa. Kerrostalot sijaitsevat Isopurjeentie 5:ssä, ja ne ovat olleet jo aiemmin Erkki Kylmäsen opinnäytetyötyökohteita.

Kylmäsen vertailee lopputyössään teoreettisilla laskelmilla näiden kahden kerrostalon erilaisia energiakulutuksia. Toinen taloista on matalaenergiatalo, toinen on rakennettu uusimpien Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden mukaan. Tähän lopputyöhön sisältyy Kylmäsen aloittaman kuusi kuukautta kestäneen seurannan jatkaminen ja yhteenvedon tekeminen pidemmän, kymmenen kuukautta kestäneen, seurantajakson saamien tietojen perusteella.

Rivitalot sijaitsevat Kaulaintie 18:ssä, ja ne on otettu mukaan vain aurinkoenergiavertailun takia. Vertailussa tarkastellaan, miten eri paikoissa, erilaisissa olosuhteissa ja erilaisella keräinpinta-aloilla varustettujen keräimien energiankeruu eroaa toisistaan.

## 2 AURINKOENERGIAN KÄYTTÖ

Aurinkoenergia on auringon säteilemän energian hyödyntämistä sähkö- tai lämpöenergiana, yleensä aurinkokennon tai aurinkokeräimen avulla. Aurinkokenno on tarkoitettu sähköön varastoitumiseen ja aurinkokeräin lämmön talteenottamiseen.

Suomessa olisi mahdollista hyödyntää aurinkoenergiaa paljon nykyistä enemmän sekä lämmön että sähköön tuotannossa. On laskettu, että keskimäärin jokainen neliömetri Etelä-Suomessa vastaanottaa vuoden aikana noin 1 000 kilowattituntia auringonsäteilyä. Joulu–tammikuun aikana auringon energiaa ei juurikaan saada talteen auringon matalan sijainnin takia. (1.) Tässä työssä seurattujen aurinkokerääjien ottivat talteen keskimäärin 130 kilowattituntia keräinneliötä kohti kymmenen kuukauden ajalta.

Aurinkoenergiaa hyödynnetään joko passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivinen aurinkoenergia tarkoittaa energiaa, jonka saamiseen ei tarvita minkäänlaisia laitteita. Aktiivisessa hyödyntämisessä auringonsäteily muunnetaan joko lämmöksi aurinkokeräimillä tai sähköksi aurinkopaneeleilla. (1.)

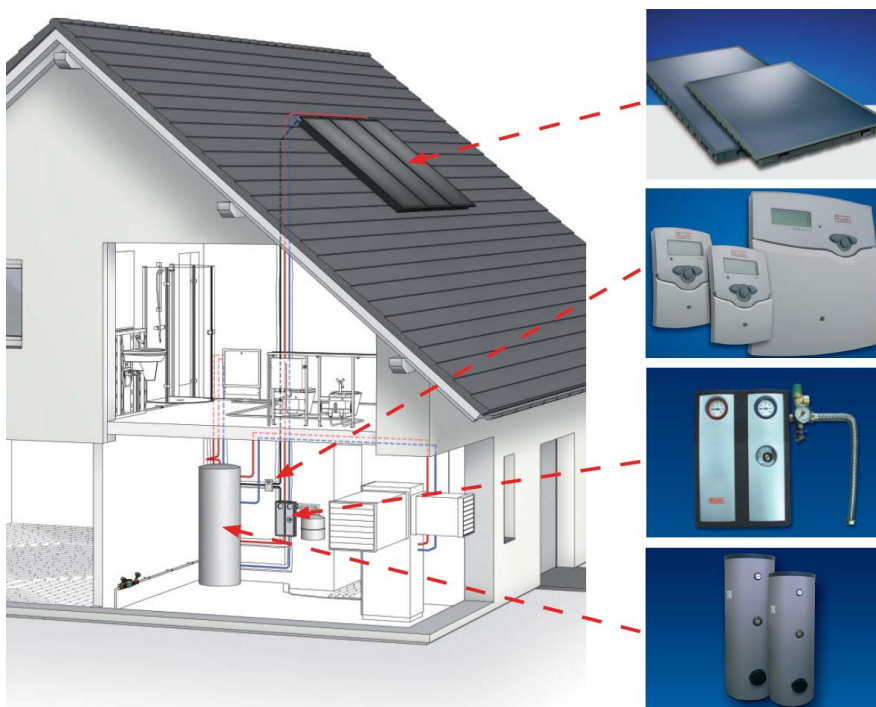
### 2.1 Nestekiertoinen tasokeräin

Yleisin keräintyyppi on nestekiertoinen tasokeräin. Tasokeräin koostuu keräimen pinnasta eli absorbaattorista, taustan lämpöeristeestä, rungosta sekä läpinäkyvästä katteesta. Absorbaattorin mustan tai selektiivisen pinnan lämpötila nousee auringon säteiden ansiosta. Kun ilma on absorbaattoria viileämpää seuraa lämmönsiirtymistä ympäröivään ilmaan johtumalla, konvektion kautta ja säteilemällä. Johtumisen hillitsemiseksi absorbaattorin takapinnan suojana on lämpöeriste. Konvektiota vähennetään keräimen etupintaan asennetulla läpinäkyvällä katteella. Kate suojaa absorbaattoria myös viilentäviltä tuuilta. Säteilemällä tapahtuvaa lämmönhukkaa on rajoitettu absorbaattorissa käytettävillä selektiivisillä pinnoilla.

Selektiivisellä pinnalla tarkoitetaan lasia jonka toinen puoli on päällystetty ohuilla metallioksidikerroksilla jolloin lasi päästää kaiken auringonsäteilyn läpi. Lämmennyt pinta lähettää säteilyä huonosti koska emissio on pieni ja absorptio suuri. Selektiivipinnan ansiosta pitkäaaltoisimmat eli lämpösäteet eivät takaisin heijastuessaan läpäise kalvoa niin helposti ja jäävät talteen. (2, s. 32.)

Absorbaattorina käytetään tavallisesti alumiinia tai kuparilevyä, ja sen nestetilavuus on tyypillisesti 0,3–1,0 litraa neliölle. Kokonaisvirtaama keräinneliömetriä kohden on tyypillisesti 30–60 kg/h. Keräimen vuotuinen tuotto on suoraan si-doksissa absorbaattorin nestetilavuuteen. Pienempi tilavuus lämpenee nopeammin, joten pumppu käynnistyy heti ja energiaa saadaan enemmän talteen. Vaihteleville sääolosuhteille nopea keräin sopii paremmin sen ottaessa lähes kaikki auringonsäteet talteen. (2, s. 34.)

Nyrkkisäännön mukaan 45°:n kallistus (kuva 1) tuottaa keräimestä suurimman vuotuisen energiamäärän. Jos kuitenkin halutaan keräimen tuottavan enemmän kevättalvella, ne on syytä asentaa pystympään. (2, s. 24.) Kesällä loivempi kulma takaa paremman tuoton. Keräimet kannattaa siis mahdollisuuksien mukaan suunnata etelään ja asentaa 30–60° kulmaan.

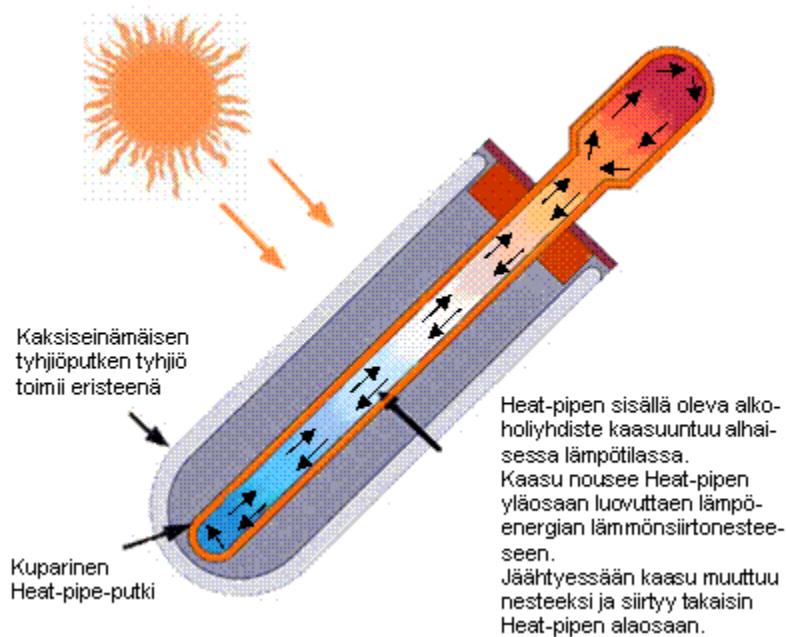


KUVA 1. Poikkileikkaus Roth Solar -aurinkojärjestelmästä (4)

## 2.2 Tyhjiöputkikeräin

Toinen paljon käytetty keräintyyppi on tyhjiöputkikeräin. Tyhjiöputkikeräimet koostuvat lasisista tyhjiöputkista, jakoyhteestä ja kehikosta. Lasiputken sisällä on tyhjiö, joka toimii eristeenä, jolloin ulkoilman lämpötilalla ei ole niin suurta merkitystä keräimen tuottoon. (3.)

Tyhjiöputkien keskeisin komponentti on lasiputkien sisällä oleva umpinainen kuparista valmistettu lämpöputki, joka muodostaa oman lämmönsiirtopiirin (kuva 2). Tyhjiöputkien liitäntä jakoyhteeseen tapahtuu ns. kuivaliitoksella. Tämä mahdollistaa viallisen putken vaihtamisen tyhjentämättä siirtonestettä koko järjestelmästä. (3.)

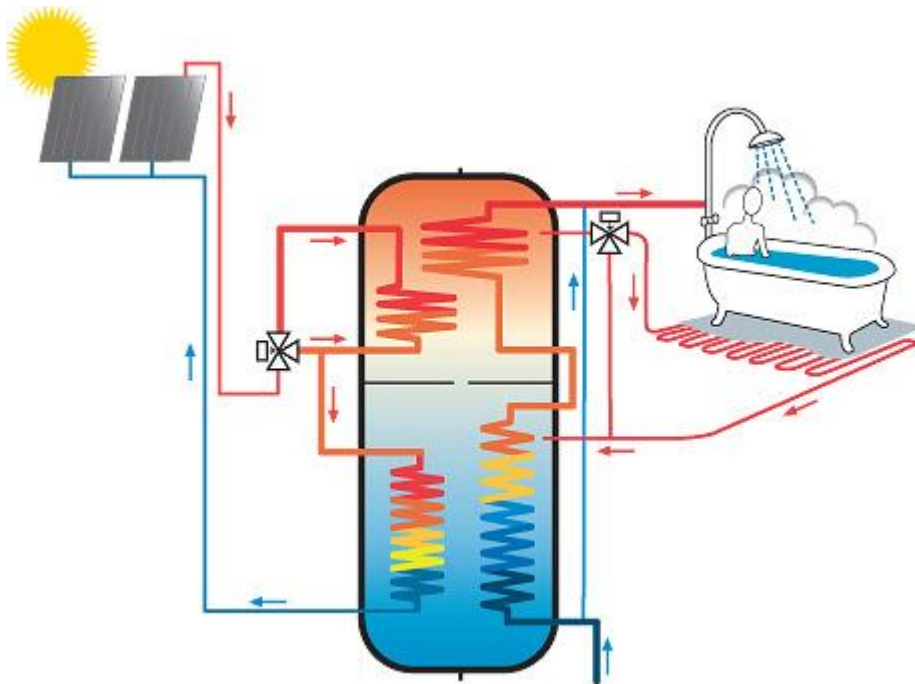


KUVA 2. Tyhjiöputkikeräimen toiminta (5)



### 2.3 Varaaja

Varaajan tehtävänä on varastoida keräimistä saatava lämpö sisällään sijaitsevaan veteen, kunnes energialle on tarvetta. Aurinkolämpöön suunnitellun varaajan kannattaa olla korkea, jolloin sen sisälle muodostuu lämpötilakerrostuneisuus, joka johtaa parhaaseen toimintatulokseen. Lämpö aurinkokeräimestä varaajaan siirretään lämmönvaihtimen eli lämmityskierukan kautta. Kierukka on valmistettu yleensä kampakuparista, joka suuren lämmönluovutuspinnoituksen vuoksi pystyy siirtämään varaajassa olevaan veteen paljon energiaa. Parhaaseen vuosituottoon päästään kun kierukka asennetaan varaajan alaosaan (kuva 3). Myös varaajassa sijaitseva käyttöveden esilämmityskierukka lisää merkittävästi aurinkolämpöjärjestelmän tuottoa verrattuna yhteen lämminkäyttövesikierukkaan varaajan yläosassa. (2, s. 50–52.)



KUVA 3. Akvatermin Akva Solar Plus -varaajan periaatekuva (6)

### 3 TUTKITTAVAT RAKENNUKSET

#### 3.1 Yleistä

Rakennuskomplekseja on yhteensä kaksi, joista toinen sijaitsee Isopurjeentiellä Oulun Toppilansaassa. Toppilansaaren seuranta-kohteisiin kuuluu kaksi kerrostaloa (kuva 4). Kerrostaloista ensimmäinen on uusimpien D5 määräysten mukaan rakennettu talo A, kun taas talo B on matalaenergiatalo. Näiden rakennusten välistä energiankulutusta on seurattu Erkki Kylmäsen toimesta jo ajalta 1.10.2010–31.3.2011. Toinen seuranta-kohteeseen kuuluu kolme rivitaloa. Metsokankaalla ei ole keskitytty energiantarpeen laskentaan vaan kyseessä on vertailukohte aurinkolämmitystä silmällä pitäen.



*KUVA 4. Kuva Isopurjeentie 5:n rakennuksista*

### 3.2 Lämmitys

Isopurjeentien erillisessä varastorakennuksessa sijaitsevat lämpökeskus sekä auringonkeruujärjestelmä varaajineen. Aurinkoenergian talteenottoa varten huoltorakennuksen katolla on 42 m<sup>2</sup> aurinkokeräimiä, joiden kallistuskulma on n. 8°. Keräimissä lämmennyt vesi-glykoliseosta kierrätetään varaajassa, jonka koko on 5 000 litraa.

Asunnoissa on kylmän ja lämpimän veden huoneistokohtaiset vesimittarit, jotka on sijoitettu käytäville. Huoneistokohtaisia eroja vedenkäytössä on tarkasteltu liitteessä 1. Talokohtainen vesimittari on molemmissa taloissa sijoitettu vaunuvarastoon. Päävesimittari ja lämpimän veden kokonaiskulutusmittarit on sijoitettu lämmönjakuhuoneeseen.

Kaulaintiellä auringonkeruujärjestelmä ja lämpökeskus on myös sijoitettu erilliseen varastorakennukseen. Tasokeräimien pinta-ala on yhteensä 21 m<sup>2</sup>, ja ne on asennettu jyrkempään kulmaan kuin Isopurjeentiellä. Varaajan koko on 5 000 litraa.

Asuntojen vesimittarit on Kaulaintiellä sijoitettu kylpyhuoneisiin, minkä takia niitä ei voitu käydä lukemassa. Kaulaintien päävesimittari sijaitsee varastorakennuksessa.

### 3.3 Automaatio

Automaationa Isopurjeentiellä toimii Fidelixin automaatiojärjestelmä. Sen tehtävänä on antaa reaaliaikaista tietoa energiankäytöstä ja vedenkulutuksesta (kuva 5). Automaatio säätää keräämiensä arvojen avulla järjestelmän optimaaliselle tasolle. Tiedot voidaan lukea joko lämmönjakuhuoneessa olevasta näytöstä tai talon IP-osoitteella suoraan internetistä.

Asuntokohtainen kulutus			Talojen kokonaiskulutus		
Ax	Kokonais	Ed. vrk	Bx	Kokonais	Ed. vrk
IV-kone sähkö	201.0 kwh	0.00 kWh	IV-kone sähkö	676.1 kwh	0.16 kWh
Kylmävesi	22.30 m3	0.01 m3	Kylmävesi	36.02 m3	0.00 m3
Lämminvesi	8.68 m3	0.00 m3	Lämminvesi	29.39 m3	0.01 m3

Ax	Kokonais	Ed. vrk	Bx	Kokonais	Ed. vrk
IV-kone sähkö	330.9 kwh	0.07 kWh	IV-kone sähkö	357.8 kwh	0.07 kWh
Kylmävesi	17.47 m3	0.00 m3	Kylmävesi	28.91 m3	0.00 m3
Lämminvesi	8.64 m3	0.00 m3	Lämminvesi	18.70 m3	0.00 m3

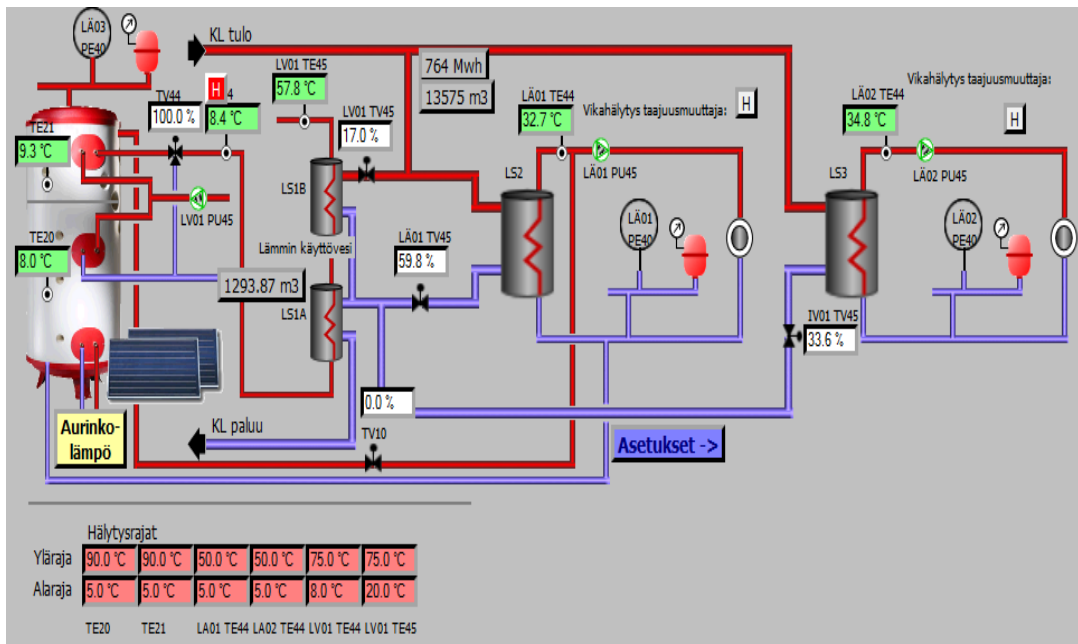
Ax	Kokonais	Ed. vrk	Bx	Kokonais	Ed. vrk
IV-kone sähkö	690.0 kwh	0.07 kWh	IV-kone sähkö	459.5 kwh	0.11 kWh
Kylmävesi	11.47 m3	0.00 m3	Kylmävesi	68.15 m3	0.06 m3
Lämminvesi	30.24 m3	0.01 m3	Lämminvesi	31.71 m3	0.02 m3

Lämminkäyttövesi	1293.87 m3	SPK	4236 kwh
Kylmävesi	3679.81 m3	Aurinkopaneeli energia	7545.0 kWh
Kaukolämpö energia	764 Mwh	Aurinkopaneeli vesimäärä	792.251 m3
Kaukolämpö vesimäärä	13575 m3		

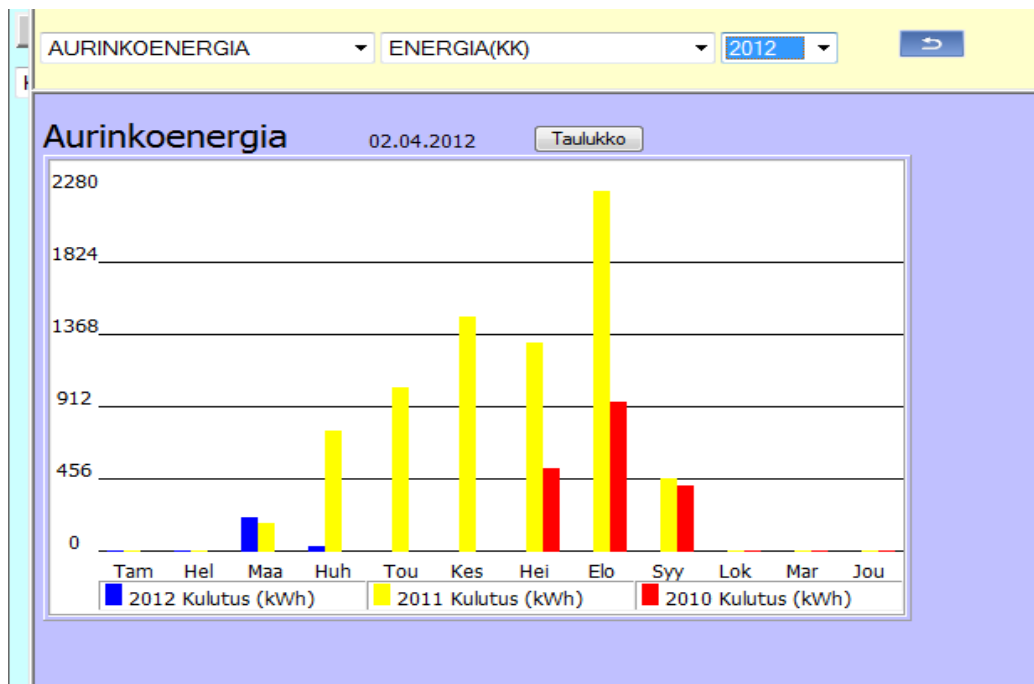
KUVA 5. Kuva Fidelixin asuntokohtaisesta energiankulutusseurannasta

Automaation avulla on myös pystytty etänä seuraamaan Isopurjeentien lämmitysjärjestelmän toimintaa (kuva 6). Seuranta tapahtui IP-osoitteesta, josta pystyi tunnuksilla tarkistamaan kulutus- ja historiatiedot viimeisten kuuden kuukauden ajalta.



KUVA 6. Kuva Fidelixin lämmitysjärjestelmän automaatiosta Isopurjeentiellä

Järjestelmä päivitettiin lokakuussa, joten siitä aikaisempien kuukausien tiedot eivät ole tutkittavissa. Historiatietojen kautta pystyy seuraamaan mm. käyttöveden, keräimen, lämmitysverkostojen, poistoilman ja ulkoilman vaihteluita. Kulutusseurannassa taasen pystyy seuraamaan kuukausittaisia vesimääriä lämmille ja kylmälle vedelle, aurinkoenergian kuukausittaisia energia- ja vesimääriä, sekä jokaisen talon lämpöenergian ja kylmänveden kulutusta.



KUVA 7. Ruutukaappaus Fidelixin kulutusseurannasta

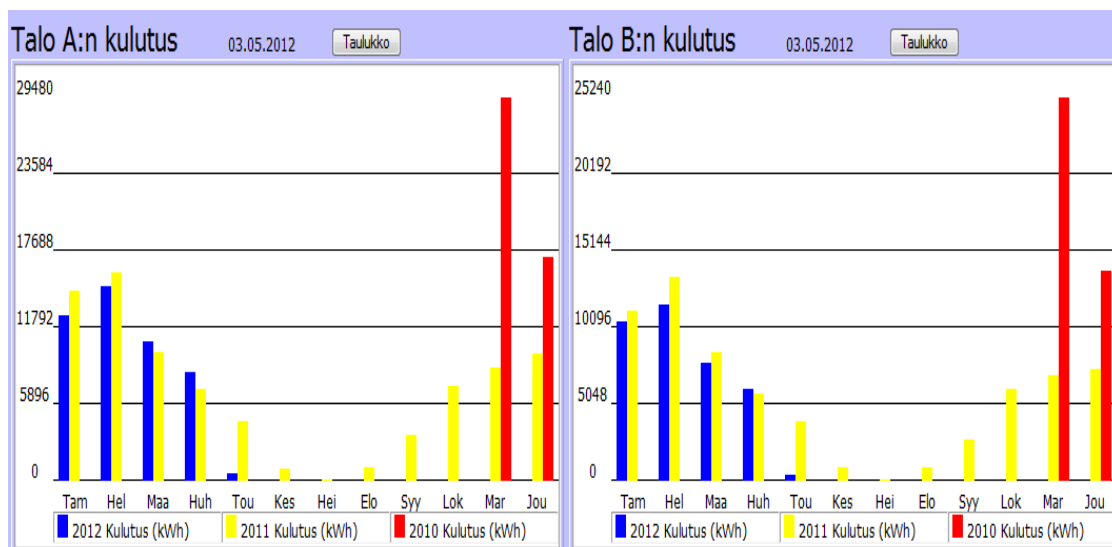
## 4 AURINKOJÄRJESTLEMÄN ARVOJEN ANALYSOINTI

### 4.1 Arvojen keräys

Arvot käytiin keräämässä kesäisin joka toinen viikko ja syyskuusta lähtien ker-  
ran kuussa. Kerättäviin arvoihin kuuluivat Isopurjeentiellä vesimittaritiedot koko  
järjestelmästä sekä asuntokohtaisesti, kaukolämmön kulutustiedot ja lämpötilat  
sekä aurinkolämmön kulutustiedot. Kaulaintiellä asuntokohtaisia vesimittaritieto-  
ja ei voitu lukea.

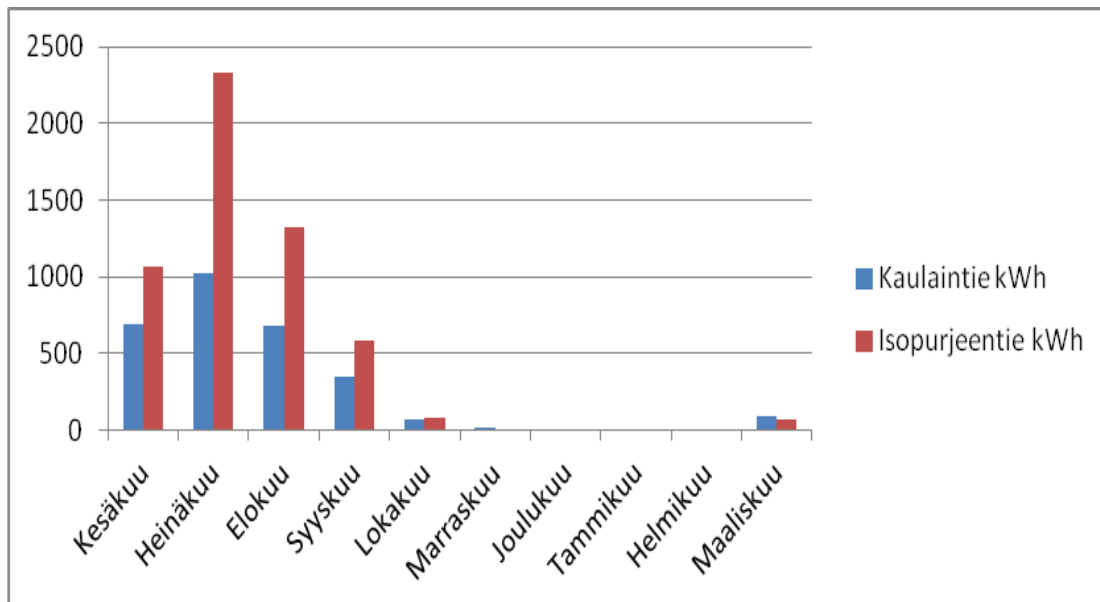
### 4.2 Tulosten tarkastelu

Isopurjeentien tuloksia tarkasteltaessa ensimmäisenä huomaa  
aurinkolämmityksen käytön loppuvan syys–lokakuun vaihteessa (liite 2). Tätä  
ennen järjestelmä on kuitenkin toiminut hyvin. Parhaimmillaan  
lämmitysenergiaa on saatu 1 000 kWh kahden viikon ajalta. Elo-syyskuun  
välilläkin energiaa on kertynyt kuukauden aikana vielä noin 600 kWh.  
Järjestelmä alkaa kerätä energiaa taas helmi–marraskuun vaihteessa.



KUVA 8. Isopurjeentien eri vuosien kokonaisenergian kulutus kuukausittain, kWh

Kaulaintielläkin on kesällä saatu kuukauden ajalta yli 1 000 kWh mutta kuten Isopurjeentiellä, myös Kaulaintiellä energiansaanti loppuu melkein täysin lokakuuhun mennessä ja jatkuu jälleen maaliskuussa (liite 2).



KUVA 9. Isopurjeentien ja Kaulaintien aurinkolämpötuotto kuukausittain, kWh

Energiankeruun loppumisen syynä voi pitää vähäistä auringon valoa. Suomessa auringon ollessa talvella alhaalla horisontissa se ei paista keräimiin tarpeeksi suurella teholla. Keräimien päälle talvella satanut lumikerros saattaa myös estää auringonvalon pääsyn keräimen pinnalle. Kaulaintiellä, jossa keräin oli jyrkemmässä kulmassa, auringonenergiaa saatiin kerättyä kauemmin. Silti molemmissa kohteissa keräimet on asennettu liian loivaan kulmaan parhaan lopputuloksen saamiseksi. Kesällä keräimet toimivat hyvin auringon ollessa korkealla, mutta jyrkemmällä kulmalla saataisiin energiaa kerättyä enemmän pidemmältä aikaväliltä. Tätä on tutkittu luvussa 5 IDA ESBO -nimisellä ohjelmalla.

Mittausjakson aikana kerrostalojen auringonkeräimistä saatiin talteen noin 5 400 kWh aurinkoenergiaa ja rivitalojen kohdalla noin 2 900 kWh.

Kerääjäneliölle aurinkoenergiaa kertyi kerrostaloissa noin 129 kWh/m<sup>2</sup>/10kk ja rivitaloissa 138 kWh/m<sup>2</sup>/10kk. Kaulaintien keräimet olivat jyrkemmässä asennossa, mutta Isopurjeentiellä keräimet oli suunnattu lähemmäs etelää.

#### **4.2.1 Vaikutus lämmitykseen**

Kaukolämpö joutuu pidemmälle talvea mentäessä lämmittämään koko ajan enemmän aurinkolämmityksen ollessa riittämätön. Aurinkolämmitystarjoajat lupaavat aurinkoenergian riittävän käyttöveden lämmittämiseen myös talvella, mutta näissä kohteissa se ei selvästikään onnistu.

#### **4.2.2 Vaikutus yleiseen energiakulutukseen**

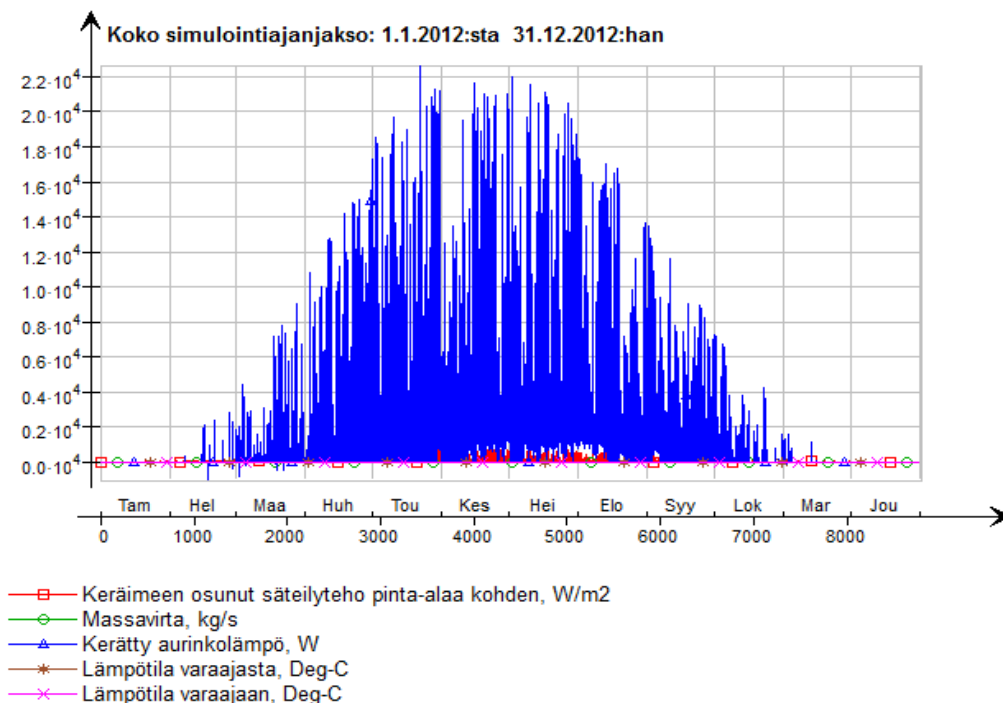
Kesällä energiankulutukseen on aurinkolämmityksellä selvästi positiivinen vaikutus. Siltikään se ei riitä kaiken tarvittavan energiamäärän tuottamiseen vaan molemmissa kohteissa myös kaukolämpöä tarvitaan kesäkuukausienkin aikana.



## 5 IDA ESBO

IDA ESBO on vapaaehtava dynaaminen energiankulutuksen ja tilojen lämpötilojen simulointiohjelmisto, jota voidaan käyttää rakennusten suunnittelun alkuvaiheessa tehtävien ratkaisujen optimointiin. ESBO perustuu valittuihin kiinteisiin rakennuksen geometrioihin. Käyttäjä voi tutkia eri rakenneratkaisuiden sekä eri taloteknisten ja energiatuottoratkaisujen vaikutusta energiakulutukseen ja viihtyvyyteen. (7, s. 4.)

IDA ESBOa on tässä työssä käytetty mallintamaan mahdollisia energiamääriä joita normaali tasokeräin saattaisi vuoden aikana kerätä. Ohjelmaan on syötetty aurinkokeräimen keräyspinta-ala, keräimen kaltevuus sekä ilmansuunta. Näistä tiedoista ohjelma simuloi energialaskelman koko vuodelle. Tiedoista käy esille kuukausittain kerätty auringonteho watteina, varaajan lämpötila sekä keräimeen osunut säteilyteho. Ohjelma myös piirtää diagrammin koko vuodelle käyttäen saamiaan arvoja.



KUVA 10. IDA ESBO:n piirtämä diagrammi koko vuoden aurinkoenergiankeräyksestä

Ohjelmalla laskettiin Isopurjeentiellä olevan noin 40 m<sup>2</sup> alan kattavan aurinko-paneelijärjestelmän tuotto. Ikävä kyllä ohjelman ilmaisversiossa ei ollut mahdollista puuttua vesivirtaverkostoihin, joten varaajan lämpötilat vääristävät tuloksia. Siksi tuloksia ei voi käyttää suoraan järjestelmän simuloimiseen. Sen sijaan ohjelmalla on laskettu paljonko energiankeräys tehostuisi jos keräimen kääntäisi nykyisestä 8°:n kulmasta 45°:n kulmaan. Arvo on teoreettinen, mutta osoittaa että keräin saattaisi optimaalisissa olosuhteissa pystyä jopa 35 % parempaan tulokseen.

*TAULUKKO 1. Aurinkokeräimien tehovertailu*

	Aurinkokeräimen kulma 8°, koko 40 m <sup>2</sup>		Aurinkokeräimen kulma 45°, koko 40 m <sup>2</sup>	
	Keräimeen osunut keskiteho pinta-alaa kohden, W/m <sup>2</sup>	Kerätty auringon keskiteho, W/kk	Keräimeen osunut keskiteho pinta-alaa kohden, W/m <sup>2</sup>	Kerätty auringon keskiteho, W/kk
Tammikuu	4,4	0	6,5	20,9
Helmikuu	17,1	54,6	31,1	454,8
Maaliskuu	42,7	582,7	76,3	1 568,8
Huhtikuu	98,1	2 431,4	136,9	3 672,2
Toukokuu	161,7	4 760,1	173,8	5 252,6
Kesäkuu	150,9	4 991,3	172,3	5 711,5
Heinäkuu	145,8	5 162,5	187,8	6 592,5
Elokuu	98,1	3 515,1	144,9	5 120,6
Syyskuu	59,1	1 849,4	94,2	3 000,1
Lokakuu	19,8	379,9	26	698,2
Marraskuu	5,8	9,7	9,2	69,2
Joulukuu	2,1	0	4,8	23,7
Vuotuinen keskiteho	67,1	1 978,1	88,7	2 682,1
Energia, kWh	17 327,8		23 495,1	
Erotus, kWh	6 167,3			
Muutos, %	35,6			

## 6 TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

### 6.1 Energiankulutuksen normittaminen

Energiankulutus on syytä normittaa kun sitä halutaan vertailla eri vuosien ja paikkakuntien välillä. RakMk D5:n energiankulutuslaskelmat tehdään Jyväskylän säätiedoilla ja siksi vertailun mahdollistamiseksi toteutunut kulutus normitaan vastaamaan Jyväskylän säätietoja. Energiankulutuksen normittamiseen käytetään kaavaa 1. (8, s. 2–3.)

$$Q_{\text{norm}} = k_2 * S_{\text{Nvpkunta}} / S_{\text{Ntoteutunutvpkunta}} * Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämminkäyttövesi}} \quad \text{KAAVA 1}$$

$k_2$  = paikkakunta-kohtainen korjauskerroin Jyväskylään

$S_{\text{Nvpkunta}}$  = normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{\text{Ntoteutunutvpkunta}}$  = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

### 6.2 Lämmitystarveluku

Rakennuksen sisä- ja ulkolämpötilan tuntikeskiarvon erotus tunneittain laskettuna ja kerrottuna tuntien määrällä on astepäiväluku eli lämmitystarveluku S.

$$S = \sum \Delta T * t \quad \text{KAAVA 2}$$

Lämmitystarveluvun avulla voidaan verrata rakennuksen energiankulutusta eri vuosien välillä ja vertailla eri paikkakunnilla sijaitsevia rakennuksia. Lämmitystarveluvun laskennassa ei oteta huomioon päiviä, joiden keskilämpötila on keväällä yli +10 °C ja syksyllä yli +12 °C. Yleisin käytössä oleva astepäiväluku on  $S_{17}$ , joka lasketaan sisälämpötilan +17 °C ja vuorokauden ulkolämpötilan keskiarvon erotuksena. (8, s. 2.)

### 6.3 Energiankulutuksen seuranta

Työhön liittyvä energiakulutuksen seuranta aloitettiin Erkki Kylmäsen toimesta elokuussa vuonna 2010. Nämä mittaukset jatkuivat vuoden 2011 maaliskuuhun, jonka jälkeen oli kahden kuukauden tauko, kunnes tulosten lukua jatkettiin tätä lopputyötä varten kesäkuussa 2011. Seuranta lopetettiin maaliskuussa 2012.

Rakennuksien lämmitysenergian kulutuksen seuranta varten molempiin rakennuksiin on asennettu energiamittarit, jotka mittaavat lattialämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihtokoneiden jälkilämmityspattereiden kulutuksen. Sähköenergiankulutusta seurattiin rakennuksissa olevista mittareista, joista käy selville rakennuksen sisäpuolinen kiinteistösähköenergiankulutus. Tällä mittauksella on myös jälkimittaus joka mittaa liesituulettimen huippuimurin sähkönkulutuksen. Asunnoissa käytetty sähköenergia on luettu ulkorakennuksessa olevista asun-  
tokohtaisista sähkömittareista. (9, s. 36.)

Veden kulutus on luettu huoneistokohtaisista vesimittareista. Kylmän veden kulutuksen seuranta varten on olemassa erillinen talokohtainen vesimittari. Lämpimän käyttöveden energiankulutuksen laskentaan on käytetty RakMk D5:n kaavaa 5.1 (10, s. 26.) Asukkaiden lukumäärä ja vedenkulutus on esitetty talon A osalta taulukossa 2 ja talon B taulukossa 3. Taulukot on jaettu kahteen osaan joissa ensimmäinen osa on Erkki Kylmäsen seuranta-ajalta ja toinen tätä lopputyötä varten suoritetulta ajalta.

TAULUKKO 2. Aasukkaiden lukumäärä ja veden kulutus, talo A

TALO A	m <sup>3</sup>			l/as/vrk		
	kv	lv	as.lkm	kv	lv	lv%
Lokakuu	49	29	24	66	39	37
Marraskuu	44	22	24	61	33	35
Joulukuu	47	25	24	63	34	35
Tammikuu	46	25	24	62	35	36
Helmikuu	43	24	24	64	35	35
Maaliskuu	42	26	24	56	38	40
Kesäkuu	42	34	24	58	47	45
Heinäkuu	30	22	24	40	31	43
Elokuu	46	18	24	62	25	29
Syyskuu	39	19	24	54	26	33
Lokakuu	33	23	24	44	32	42
Marraskuu	67	34	24	93	47	34
Joulukuu	27	17	24	36	24	39
Tammikuu	55	26	24	74	36	33
Helmikuu	37	23	24	53	32	38
Maaliskuu	46	30	24	62	42	40

TAULUKKO 3. Aasukkaiden lukumäärä ja veden kulutus, talo B

TALO B	m <sup>3</sup>			l/as/vrk		
	kv	lv	as.lkm	kv	lv	lv%
Lokakuu	46	33	23	64	46	42
Marraskuu	45	32	23	65	46	41
Joulukuu	43	29	23	61	41	40
Tammikuu	45	33	23	62	46	43
Helmikuu	44	27	23	68	42	38
Maaliskuu	37	25	23	52	36	41
Kesäkuu	52	28	24	72	39	35
Heinäkuu	26	52	24	35	72	67
Elokuu	74	47	24	99	65	40
Syyskuu	36	22	24	50	31	38
Lokakuu	41	21	24	55	29	35
Marraskuu	55	32	24	76	44	37
Joulukuu	22	12	24	30	17	36
Tammikuu	51	32	24	69	44	39
Helmikuu	33	20	24	47	28	37
Maaliskuu	48	28	24	65	39	38

Koska ilmvirrat ovat asukkaiden säädettävissä voi kokonaisilmavirta poiketa suunnitellusta. Tästä syystä ilmanvaihdon vaikutusta energiankulutukseen on vaikea arvioida. Liesikupujen kautta kulkee taasen jatkuva ilmavirta joka vähentää ilmanvaihdon lämmöntalteenoton kokonaishyötysuhdetta. Liesikupujen kautta poistetaan keskimäärin  $160\text{m}^3/\text{h}$ . (9, s. 39.) Tästä johtuva energiankulutus lasketaan RakMK D5:n kaavoilla 4.9 ja 4.10. Kuukausittainen energiankulutus on laskettu taulukossa 4.

*TAULUKKO 4. Liesikupujen poiston aiheuttama energiankulutus, kWh*

	kWh
Kesäkuu	234
Heinäkuu	238
Elokuu	238
Syyskuu	500
Lokakuu	765
Marraskuu	829
Joulukuu	1107
Tammikuu	1254
Helmikuu	1657
Maaliskuu	936

#### **6.4 Toteutunut energiankulutus kuukausittain**

Energiankulutus kuukausittain on laskettu talosta A taulukossa 5 ja talosta B taulukossa 6. Taulukot on jaettu kahteen osaan joissa ensimmäinen osa on Erkki Kylmäsen seuranta-ajalta ja toinen tätä lopputyötä varten suoritetulta ajalta. LKV on laskettu lämpimän veden kulutuksen perusteella.

**TAULUKKO 5. Toteutunut energiankulutus kuukausittain talo A, kWh**

<b>TALO A</b>	Lkv	Lämmitys	Sähkö, kiinteistö	Sähkö, talous	Yhteensä
Lokakuu	2 485	8 620	969	2 540	14 614
Marraskuu	2 043	12 930	865	2 558	18 396
Joulukuu	2 246	17 240	918	2 930	23 334
Tammikuu	2 259	14 810	938	2 873	20 880
Helmikuu	2 059	16 010	915	2 603	21 587
Maaliskuu	2 302	9 900	1066	2 403	15 671
Kesäkuu	2 788	419	355	3 704	7 266
Heinäkuu	2 088	605	427	2 917	6 036
Elokuu	1 854	2 055	102	3 720	7 731
Syyskuu	1 913	5 740	732	3 437	11 822
Lokakuu	2 146	5 827	612	5 419	14 003
Marraskuu	2 788	11 653	261	2 397	17 098
Joulukuu	1 796	13 060	554	5 080	20 490
Tammikuu	2 321	14 210	362	3 267	20 160
Helmikuu	2 146	13 700	510	4 587	20 943
Maaliskuu	2 554	13 000	300	3 003	18 857

**TAULUKKO 6. Toteutunut energiankulutus kuukausittain talo B, kWh**

<b>TALO B</b>	Lkv	Lämmitys	Sähkö, kiinteistö	Sähkö, talous	Yhteensä
Lokakuu	2 720	7 850	933	2 579	14 082
Marraskuu	2 646	10 080	842	2 591	16 159
Joulukuu	2 516	13 890	872	2 871	20 149
Tammikuu	2 707	11 240	884	2 918	17 749
Helmikuu	2 316	13 410	854	2 422	19 002
Maaliskuu	2 296	8 480	901	2 075	13 752
Kesäkuu	2 438	350	452	2 995	6 235
Heinäkuu	3 838	510	565	2 255	7 167
Elokuu	3 546	1 630	583	3 030	8 789
Syyskuu	2 088	4 660	339	2 651	9 737
Lokakuu	2 029	4 643	539	4 614	11 825
Marraskuu	2 671	9 287	231	2 071	14 260
Joulukuu	1 504	10 280	465	4 359	16 608
Tammikuu	2 671	11 440	379	2 614	17 104
Helmikuu	1 971	10 000	409	3 544	15 924
Maaliskuu	2 438	9 020	302	2 904	14 664

Erkki Kylmäsen seurantajakson tuloksista selviää että A ja B talon kokonais-energiankulutuksessa on 12 % ero. B talo siis kuluttaa melkein 14 000 kWh vähemmän energiaa seurantajakson aikana. Tähän lopputyöhön käytetty seurantajakso on pidempi, mutta vertailu on silti mahdollista. Kesä-maaliskuu välisenä aikana A ja B talon välinen energiankulutus eroaa yli 22 000 kWh:lla. Tämä tarkoittaa kokonaisenergiankulutuksessa noin 15 % eroa. Arvot ovat hyvinkin lähellä toisiaan ja eron voi perustella mittausvirheellä ja asukkaiden muuttuneella energiankulutuksella sekä säätölaitteiden toiminnan parantumisella.

Pelkän lämmityksen osalta Erkki Kylmäsen mittauksissa talo B:n kulutus oli noin 18 % pienempi kuin talo A:n. Tämän lopputyön seuranta-ajalta sama lukema on noin 23 %. Kylmäsen mittauksissa sähkönkulutus oli talon B osalta vain noin 4 % pienempi kuin talo A:n. Tämän lopputyön mittauksissa talo B:n sähkönkulutus on laskenut jopa 15 % pienemmäksi.

## 6.5 Normitettu energiankulutus kuukausittain

Oulun normaalivuoden lämmitystarveluvut sekä toteutuneet lämmitystarveluvut Oulussa ajalle 6.2011–3.2012 on esitetty taulukossa 7. Oulun paikkakuntakohtainen korjauskertoimen  $k_2$  on 0,94.

*TAULUKKO 7. Oulun lämmitystarveluvut seuranta-ajalta*

	$S_n$ , Oulu	$S_{17}(\text{toteutunut})$
Kesäkuu	49	8
Heinäkuu	11	0
Elokuu	62	17
Syyskuu	243	145
Lokakuu	442	367
Marraskuu	606	455
Joulukuu	758	537
Tammikuu	829	809
Helmikuu	749	833
Maaliskuu	674	611



Normitettu energiankulutus kuukausittain on esitetty taulukossa 8. Taulukossa on esitetty normitetut energiankulutukset ja niiden suhde Erkki Kylmäsen D5:n avulla laskemiin laskennallisiin energiakulutuksiin. Lämmityksen osalta kesäkuukaudet on jätetty normittamatta.

*TAULUKKO 8. Normitettu energiankulutus kuukausittain, kWh*

Talo A	Lämmitys	%	LKV	%	Sähkö, kiinteistö	%	Sähkö, talous	%
Kesäkuu	2 412		2 788	76	355	28	3 704	93
Heinäkuu	6 256		2 088	55	427	33	2 917	71
Elokuu	7 045		1 854	49	102	8	3 720	90
Syyskuu	9 042	490	1 913	52	732	58	3 437	86
Lokakuu	6 596	138	2 146	56	612	47	5 419	131
Marraskuu	14 589	210	2 788	76	261	21	2 397	60
Joulukuu	17 329	163	1 796	47	554	43	5 080	123
Tammikuu	13 688	109	2 321	61	362	28	3 267	79
Helmikuu	11 579	103	2 146	63	510	43	4 587	123
Maaliskuu	13 480	211	2 554	67	300	23	3 003	73
Yhteensä	102 017	203	22 392	60	4 215	33	37 530	93
Talo B	Lämmitys	%	LKV	%	Sähkö, kiinteistö	%	Sähkö, talous	%
Kesäkuu	2 015		2 438	66	452	35	2 995	74
Heinäkuu	5 273		3 838	101	565	43	2 255	54
Elokuu	5 588		3 546	93	583	44	3 030	72
Syyskuu	7 341	532	2 088	57	339	26	2 651	65
Lokakuu	5 257	164	2 029	53	539	41	4 614	110
Marraskuu	11 626	252	2 671	73	231	18	2 071	51
Joulukuu	13 640	187	1 504	40	465	35	4 359	104
Tammikuu	11 019	125	2 671	70	379	29	2 614	62
Helmikuu	8 452	107	1 971	57	409	34	3 544	94
Maaliskuu	9 553	236	2 438	64	302	23	2 904	69
Yhteensä	79 565	229	25 192	67	4 265	33	31 037	76

Normitettu lämmitysenergian kulutus on molemmissa taloissa reilusti suurempi kuin laskennallinen kulutus. Seurantajaksolla talon A lämmitysenergiankulutus oli 103 % suurempi kuin laskennallinen kulutus. Tätä arvoa vääristää suuresti syyskuun lukema joka on selvästi muita lukuja suurempi. Jos sen jättää huomiotta on lämmitysenergiankulutus noin 56 % laskennallista suurempi, mikä on edelleen suuri. Talon B lämmitysenergian kulutuksen ero oli 129 % ja syyskuu pois luettuna 78 %.

Verrattaessa arvoja Erkki Kylmäsen opinnäytetyössä saamiin normeerattuihin tuloksiin voidaan todeta että lämmitysenergian kulutus on pysynyt melkein samana. Talossa A lämmitysenergiankulutus oli laskenut 2 % ja talossa B noussut 6 %.

	2011-2012	2010-2011	
TALO A	kWh	kWh	%
Lokakuu	6 596	9 354	142
Marraskuu	14 589	11 449	78
Joulukuu	17 329	13 110	76
Tammikuu	13 688	14 930	109
Helmikuu	11 579	13 001	112
Maaliskuu	13 480	9 785	73
	77 262	71 629	98
	2011-2012	2010-2011	
TALO B	kWh	kWh	%
Lokakuu	5 257	8 518	162
Marraskuu	11 626	8 925	77
Joulukuu	13 640	10 562	77
Tammikuu	11 019	11 331	103
Helmikuu	8 452	10 890	129
Maaliskuu	9 353	8 382	90
	59 348	58 608	106

Lämpimän käyttöveden kulutus on laskennallista kulutusta noin kolmanneksen pienempi sekä talossa A jossa se on 60 %, että talossa B jossa se on 67 %. Arvot ovat pysyneet melkein identtisinä Erkki Kylmäsen laskemiin arvoihin, jotka olivat talolle A 60 % ja talolle B 68 %. Kiinteistösähkön kulutus sen sijaan on tippunut Kylmäsen seurantajaksolta reilusti. Tällä seurantajaksolla kulutus on vain 33 % laskennallisesta molemmissa taloissa, kun se Kylmäsen seurantajaksolla oli talossa A 74 % ja talossa B 68 %. Talouskohtainen sähkö oli talossa A 93 % ja talossa B 76 % laskennallisesta kulutuksesta. Talouskohtaisen sähkön kulutus on siis noussut Kylmäsen seurantajaksolta jossa ne olivat talolle A 66% ja talolle B 63%

Energiankulutus normitettuna yhteensä oli talossa A noin 80 700 kWh ja talossa B 70 000. Talon B, eli matalaenergiatalon energiankulutus on siis noin 86 % normien mukaisen talon energiankulutuksesta. Matalaenergiatalon ja normitalon kulutuksessa on siis 14 % ero, mikä on jo huomattava.

## 7 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli seurata ja vertailla kahden kerrostalon energiankulutuksia. Tämä oli jatkoa Erkki Kylmäsen tekemälle opinnäytetyölle. Toinen taloista on matalaenergiatalo, ja toinen on rakennettu käyttäen rakentamismääräysten vuonna 2010 voimaantulleita osia. Tämän seurannan lisäksi tehtävänä oli tutkia aurinkoenergiakeräimien toimintaa ja vertailla niitä kolmen rivitalon aurinkokeruujärjestelmään.

Aurinkolämmitys on Suomessa vielä harvinainen lämmitysmuoto ja ihan syystä. Pitkä talvi ja auringon alhainen sijainti muulloin kuin kesällä eivät riitä tuottaamaan haluttua määrää energiaa ainakaan suuriin rakennuksiin. Yksi mahdollisuus asian parantamiseksi olisi investoida isompaan keräinpinta-alaan, jolloin myös kerättävän energian määrä kasvaisi. Myös keräimien kallistuskulma pitäisi laskea siten, että se saisi kerättyä mahdollisimman paljon auringonvaloa myös kesäkuukausien ulkopuolella. Tähän on jo kehitetty automaatiojärjestelmiä, jotka kääntävät ja säätelevät keräimien kulmaa, mutta niiden hinnat ovat korkeat, joten niitä ei kannatta vielä asuinrakennuksiin asentaa.

Seurantajakson energian normitetusta kokonaiskulutuksista saatiin selville lämmitysenergian kulutuksen olleen laskennallista kulutusta suurempi sekä talossa A että B. Erkki Kylmäsen seurantajaksoon verrattuna A talossa oli tapahtunut lämmitysenergiakulutuksessa selvää nousua, kun taas B talon kulutus oli noussut hieman vähemmän. Lämpimän käyttöveden kulutus oli noin kolmanneksen laskennallisesta, ja se oli molemmilla seurantajaksoilla samalla tasolla.

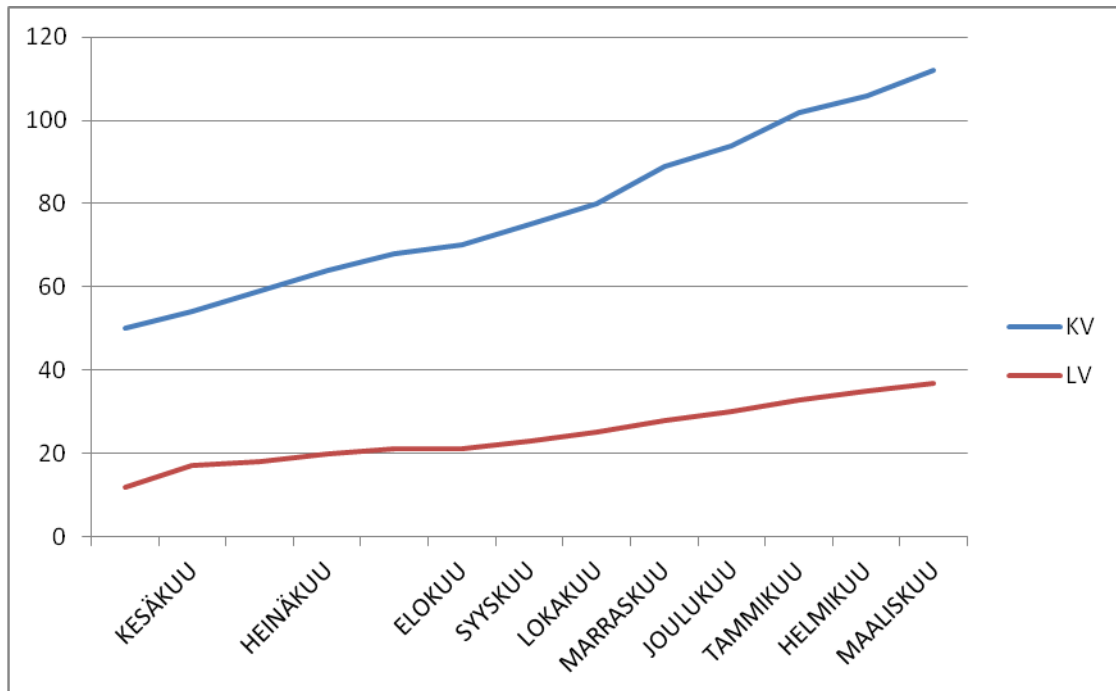
Matalaenergiatalo osoittautui energiatehokkaammaksi. Se kulutti seurantajakson aikana noin 14 % vähemmän energiaa kuin normien mukaan rakennettu talo.

## LÄHTEET

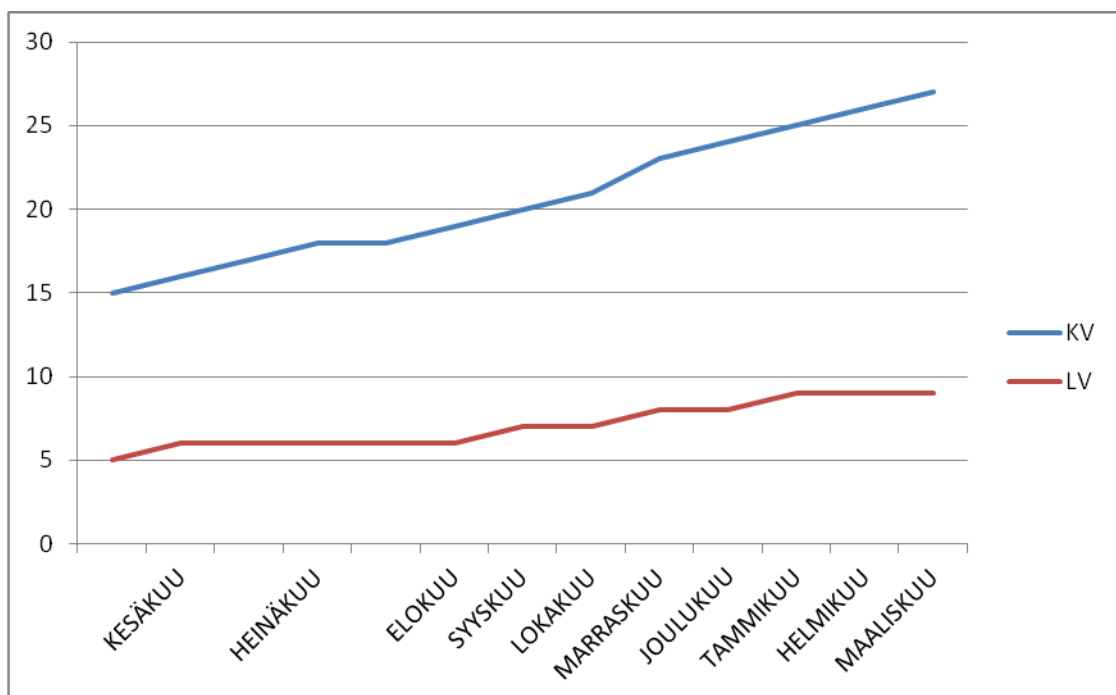
1. Aurinkoenergia - Motiva. 2012. Saatavissa:  
<http://www.motiva.fi/aurinkoenergia>. Hakupäivä 23.1.2012.
2. Erkkilä, Vesa 2003. Aurinkolämpöopas. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Moreeni.
3. Aurinkolämpö – JTV-Energia. Saatavissa: <http://www.jtv-energia.fi/HP-kerain.html>. Hakupäivä 23.1.2012.
4. Roth Solar -järjestelmät. Saatavissa [http://www.roth-finland.com/finpdf/Roth\\_Solar.pdf](http://www.roth-finland.com/finpdf/Roth_Solar.pdf). Hakupäivä 14.4.2012.
5. Aurinkokeräimet - KM Solar . Saatavissa  
<http://www.ksm.fi/tuotteet/st1solaraurinkokeraimet>. Hakupäivä 14.4.2012.
6. Akvaterm - Lämminvesivaraajat. Saatavissa:  
[http://www.akvaterm.fi/fin/Lamminvesivaraajat/Akva\\_Solar.11.html](http://www.akvaterm.fi/fin/Lamminvesivaraajat/Akva_Solar.11.html). Hakupäivä 15.4.2012.
7. IDA ESBO Käyttöopas. EQUA Simulation AB. Saatavissa:  
<http://www.equaonline.com/esbo/IDAESBOKayttoohje.pdf>. Hakupäivä 23.4.2012.
8. KH 20-00373. 2005. Lämmitystarveluku. Rakennusten energiankulutuksen seuranta. Ohjetiedosto. Saatavissa:  
[https://www.rakennustieto.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/KH\\_9174.html.stx](https://www.rakennustieto.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/KH_9174.html.stx). Hakupäivä 20.11.2010.
9. Kylmänen, Erkki 2011 Kahden matalaenergiakerrostalon energiakulutuksen vertailu. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.
10. RakMk D5. 2007. Rakennusten energiankulutuksen ja tehontarpeen laskenta. ohjeet 2007. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>. Hakupäivä 15.4.2012.

Käyrät ovat kumuloituvia

SUURIKULUTUKSINEN TALOUS, ~8 m<sup>3</sup>/kuukausi/talous, ~266 l/vrk



PIENIKULUTUKSINEN TALOUS, ~2 m<sup>3</sup>/kuukausi/talous, ~67 l/vrk



## Isopurjeentie

Aurinko		Kesäkuu 1.mittaus	Kesäkuu 2. mittaus	Heinäkuu 1. mittaus	Heinäkuu 2. mittaus	
Lämpötila man.	°C	32,0 / 34,5	45,0 / 63,0	47,0 / 65,0	44,0 / 59,0	
Lämpötila dig.	°C	32,0 / 34,6	47,8 / 63,5	47,9 / 65,0	44,9 / 60,0	
deltaT	°C	2,6	15,7	17,1	15,1	
Teho	kWh	4113	5175	6310	7501	
	m <sup>3</sup>	373,9	453,509	535,19	622,134	
Aika	h	8898	9232	9688	10193	
Vesimittari	m <sup>3</sup>	724	755	795	839	
Energia	kW		14,01	16,345	13,879	
		Elokuu 1.mittaus	Elokuu 2.mittaus	Syyskuu	Lokakuu	
Lämpötila man.	°C	38,0 / 54,0	37/55	34/45	19/25	
Lämpötila dig.	°C	39,1 / 54,9	38,3/55,6	34,9/45	18,5/21,6	
deltaT	°C	15,8	17,3	10,1	3,1	
Teho	kWh	8361	8826	9409	9490	
	m <sup>3</sup>	688,859	729,021	783,453	791,873	
Aika	h	10552	10936	11536	12208	
Vesimittari	m <sup>3</sup>	872	902	953	1013	
Energia	kW	13,945	13,416	6,915	0	
		Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu	Helmikuu	Marraskuu
Lämpötila man.	°C	18/25	18/25	17/25	16/24	15/23
Lämpötila dig.	°C	17,2/23,5	17,3/23	16,2/21,5	15,4/20,7	15,6/22,1
deltaT	°C	6,3	5,7	5,3	5,3	6,5
Teho	kWh	9490	9490	9490	9490	9555
	m <sup>3</sup>	791,873	791,873	791,873	791,873	798,482
Aika	h	13242	13675	14560	15138	16002
Vesimittari	m <sup>3</sup>	1110	1150	1234	1293	1374
Teho	kW	0	0	0	0	2,274

## Kaulaintie

Aurinko	kWh	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h	kW
Kesäkuu	691	79,24	0,382	3,88
Heinäkuu	1711	188,917	0,117	0,68
Elokuu	2394	266,576	0,188	0,86
Syyskuu	2738	310,832	0,249	1,22
Lokakuu	2801	318,711	0	0
Marraskuu	2805	319,142	0	0
Joulukuu	2805	319,142	0	0
Tammikuu	2805	319,142	0	0
Helmikuu	2805	319,142	0	0
Maaliskuu	2890	328,56	0	0

